

de natuurlijke kennisbron

## Samen met ondernemers naar een weerbare bodem

Bodemweerbaarheid  
in de praktijk

M.Hospers<sup>1</sup>

Jan Lamers<sup>2</sup>

W.Cuijpers<sup>1</sup>

Rob v.d. Broek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Louis Bolk Instituut

<sup>2</sup> PPO-AGV



**LOUIS BOLK**  
I N S T I T U U T

© 2015 Louis Bolk Instituut

Samen met ondernemers naar een weerbare  
bodem - Bodemweerbaarheid in de praktijk

Monique Hospers-Brands<sup>1</sup>, Jan Lamers<sup>2</sup>,  
Willemijn Cuijpers<sup>1</sup>, Rob v.d. Broek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Louis Bolk Instituut <sup>2</sup>PPO-AGV

Zoekwoorden: bodemweerbaarheid; aardbei;  
aardappel; biotoets, *Phytophthora cactorum*,  
*Rhizoctonia solani*

Foto omslag: Anna de Weerd

Publicatienummer 2015-008 LbP

29 pagina's

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

## Voorwoord

Voor u ligt een weergave van een driejarig traject waarin we met ondernemers en onderzoekers samen gepoogd hebben meer grip te krijgen op het complexe onderwerp 'Bodemweerbaarheid'. We danken de betrokken ondernemers Jan Pertijs, Mario van Meer, Peter Noordenburg, Johan en Peter Neessen, Paul Litjens, Gloria Hernández en Wim Stegeman hartelijk voor hun betrokkenheid en actieve inbreng.

Verder gaat onze dank uit naar de betrokken medewerkers van het LBI-laboratorium, van Unifarm en van het PPO-laboratorium, zonder wie we de verschillende toetsen niet hadden kunnen uitvoeren. Daarnaast willen we ook Sjoerd Smits en Bart Vromans (Hortinova) hartelijk bedanken voor het op zich nemen van een gedeelte van de toetsen binnen het project, en Joan Timmermans (NovaCropControl) voor de ondersteuning bij de workshop over bodemweerbaarheid naar aanleiding van de resultaten.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het EZ onderzoeksprogramma BO31.03-001(Duurzame bodem). We zijn het Ministerie erkentelijk voor de financiële ondersteuning van dit project, evenals de Stuurgroep Landbouw Innovatie Noord-Brabant (LIB) voor hun extra financiële bijdrage.



# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1 Inleiding en achtergrond</b>	<b>9</b>
1.1 Algemene en specifieke bodemweerbaarheid	9
<b>2 Samen aan de slag</b>	<b>11</b>
<b>3 Onderzoeksopzet</b>	<b>13</b>
3.1 Toetsgewassen aardbei en aardappel	13
3.2 Veldproeven, biotoetsen en bakkenproef	13
<b>4 Resultaten</b>	<b>15</b>
4.1 Aardbei 2012	15
4.2 Aardappel 2013	18
4.3 Aardappel en aardbei 2014	20
4.4 Methodiek	24
<b>5 Conclusies</b>	<b>25</b>
<b>6 Aanbevelingen</b>	<b>27</b>
<b>Literatuur</b>	<b>29</b>



## Samenvatting

De doelstelling van het project was om, samen met ondernemers, na te gaan of er een relatie te leggen was tussen bodemweerbaarheid en wat er in de praktijk gebeurt. Verder zijn we ook nagegaan of er uit het onderzoek maatregelen te destilleren waren die voor de praktijk interessant kunnen zijn.

In 2012 hebben we intensief kunnen werken aan aardbei op verschillende gronden, in een bakkenproef, biotoets en een groot aantal aanvullende bodem- en plantanalyses. Daardoor was het mogelijk een aantal relaties op het spoor te komen, zoals de relatie van bodemweerbaarheid met een aantal sporenelementen in de bodem: zwavel, kalium, calcium en magnesium, en in mindere mate borium. De opbrengst van aardbei bleek vooral samen te hangen met het aantal plantpathogene aaltjes, en niet of nauwelijks met *Phytophthora cactorum*.

In 2014 is de proef herhaald met minder locaties, maar wel met zwavelbemesting en met een extra biotoets bodemweerbaarheid van *Rhizoctonia* in aardappel. Uit de biotoets met *Phytophthora cactorum* in aardbei bleek in 2014 geen relatie met de hoeveelheid zwavel volgens SoilTech op te treden, maar wel met de hoeveelheid borium, en was er geen betrouwbaar effect van de zwavelbemesting aanwezig. In de biotoets met *Rhizoctonia* in 2014 trad er wel een effect van zwavel op. Bij lage S-totaal en S-PAE waarden was de aantasting tweemaal zo hoog als bij hoge waarden. Dit gold alleen wanneer het bodemleven was uitgeschakeld, in de gesteriliseerde gronden. Dit effect in de gesteriliseerde grond duidt op een verhoogde plantweerstand bij veel zwavel. Evenwel leidde de zwavelbemesting niet tot een verbetering van de bodemweerbaarheid bij lage of hoge S-totaal of S-PAE gehalten in de natuurlijke veldgrond.

In de biotoets met *Rhizoctonia* werd ook gekeken naar het effect van een verenmeel bemesting. Het bleek dat de verenmeel bemesting alleen in de niet gesteriliseerde veldgrond een sterke verhoging gaf van de bodemweerbaarheid. In de gesteriliseerde gronden veranderde de bodemweerbaarheid niet door de verenmeel bemesting.

Sporenelementen als zwavel en borium lijken de bodemweerbaarheid en/of de plantweerstand te kunnen beïnvloeden, evenals een bemesting met verenmeel.

Uit een screening van verschillende aardappelgewassen bij diverse telers met binnen het perceel verschillen in voorgeschiedenis op basis van de organische stofaanvoer bleken in 2013 en 2014 vooralsnog geen aanknopingspunten voor het gericht werken aan bodemweerbaarheid tegen met name *Rhizoctonia solani* naar voren te komen. Ook uit een proef waarin al meerdere jaren achtereen bodemverbeteraars cumulatief waren toegediend, bleek in 2013 de bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia* nauwelijks te zijn veranderd.

Daar staat tegenover dat er vele berichten zijn dat, ook in akkerbouwgewassen (aardappel, tarwe, bloemkool e.a.), bodemgebonden ziekten op termijn kunnen afnemen, o.m. door het optreden van specifieke antagonisten die in de aardappelteelt bijvoorbeeld schade door *Rhizoctonia* kunnen beperken. Maar het identificeren van managementfactoren anders dan een verenmeel bemesting of iets soortgelijks die dit effect kunnen sturen is niet eenvoudig gebleken.

## Summary

The goal of the project was to have an interaction of growers and researchers to increase the soil suppressiveness. Different management practises and different solutions out of the research were compared for soil suppressiveness in the field and in bioassays.

In 2012 the research was focused on strawberry and the soil suppressiveness against *Phytophthora cactorum*. The yield of strawberry turned out to be influenced by the amount of plant pathogenic nematodes rather than *Phytophthora*. Further on the soil suppressiveness against *P. cactorum* turned out to be related with a number of minor nutrients in the soil like, plant available sulphur, potassium, calcium, magnesium and to a lesser extent also boron.

In 2014 the bioassay with *Phytophthora* was repeated with less soils but with an extra sulphur fertilisation ( $\text{NA}_2\text{SO}_4$ ). Furthermore the same soils and sulphur manure was evaluated with a *Rhizoctonia solani* bioassay on potato. In the *Phytophthora* bioassay the soil suppressiveness was not related to sulphur but to boron. The sulphur fertilisation had no effect on the soil suppressiveness. In the *Rhizoctonia* bioassay the soil suppressiveness (plant resistance) was related to the available sulphur (S-PAE) in the sterilised soil but not to boron. With high values for S-PAE the infection by *Rhizoctonia* was twice as high as with low values.

So the different minor elements in the soil like sulphur or boron at suboptimal levels may influence the soil suppressiveness against *Phytophthora* or *Rhizoctonia*. The sulphur fertilisation did not increase the soil suppressiveness.

In the bioassay with *Rhizoctonia* also a feather meal manure from chickens was evaluated. It turned out that the soil suppressiveness was dramatically increased by this fertilisation when the field soil was used and did not increase when the soil was sterilised.

In 2013 growers practised parts of fields with an increased organic matter input. In these fields the soil suppressiveness against *Rhizoctonia* in potatoes turned out not to be changed. Also an experimental field with different organic manures to improve the soil suppressiveness, did not give the solution for improving the soil suppressiveness against *Rhizoctonia*. The same was found for different green manures in 2014.

Different management practises used by the growers were not effective to influence the soil suppressiveness against *Phytophthora cactorum*. The soil suppressiveness turned out to be influenced by minor elements in the sterilised soil, like available sulphur. From research the potential of feather meal to increase the soil suppressiveness against *Rhizoctonia* in potato was confirmed and needs further attention before it can be applied in practise on a large scale.



# 1 Inleiding en achtergrond

De land- en tuinbouw ontwikkelt zich in de richting van steeds intensievere en complexere bedrijfssystemen. Vanuit de sector groeit het besef dat de chemische benadering van ziekten en plagen haar grenzen begint te bereiken. Ook de consument verlangt van de producent dat de inzet van chemische middelen gereduceerd wordt en gezocht wordt naar andere, meer duurzame oplossingen. Een van de oplossingsrichtingen is het creëren van een gezonde, veerkrachtige en weerbare bodem. Op zulke bodems groeit een gezond gewas met een goede opbrengst die minder gevoelig is voor ziekten en plagen en efficiënter omgaat met nutriënten waardoor er minder verliezen optreden. Hierdoor hoeven telers minder gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten te gebruiken en kunnen ze, met een beter inkomen, milieuvriendelijker telen.

In de praktijk zijn er grote verschillen in bodemkwaliteit tussen bedrijven. Door verschillen in bodemtype, gewas en bedrijfsstrategie ontstaan verschillen in chemische en fysische bodemkwaliteit en het bodemvoedselweb. Over de samenhang tussen al deze factoren en de relatie met ziekten en plagen is nog weinig bekend. Slechts op deelterreinen is kennis beschikbaar, maar die bereikt lang niet altijd de praktijk of is nog niet toepassingsrijp. Uit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat compost de algemene bodemweerbaarheid kan verhogen, maar dit hoeft niet te gelden voor specifieke bodemweerbaarheid (b.v. tegen *Rhizoctonia*). Daarnaast wordt vaak gesproken over het toepassen van compost als één maatregel, maar type compost, rijpheid, tijdstip van uitrijden, kortom, bedrijfsspecifieke omstandigheden en fine-tuning zijn bepalend voor het succes van maatregelen in de praktijk.

## 1.1 Algemene en specifieke bodemweerbaarheid

Als we het hebben over bodemweerbaarheid kan het gaan om algemene of specifieke bodemweerbaarheid.

### 1.1.1 Algemene bodemweerbaarheid

Algemene bodemweerbaarheid berust op een actief bodemleven met een grote concurrentiekracht. Daardoor krijgen pathogenen minder kans, vooral diegene die zwak staan tegenover concurrenten.

### 1.1.2 Specifieke bodemweerbaarheid

Specifieke bodemweerbaarheid berust op specifieke organismen (antagonisten) die de overleving van bepaalde pathogenen verminderen. Deze antagonisten kunnen van buitenaf geïntroduceerd worden, of antagonisten die al in de bodem aanwezig zijn kunnen door gerichte maatregelen gestimuleerd worden.



## 2 Samen aan de slag

Samen met ondernemers zijn we praktisch aan de slag gegaan met het thema bodemweerbaarheid. Aansluitend bij verschillen die in de praktijk al aanwezig waren hebben we gekeken of hierin ook verschillen in bodemweerbaarheid zichtbaar werden, en of we deze konden relateren aan specifieke bedrijfs- of management factoren. De verschillen waren bijvoorbeeld ontstaan door experimenten of het waren door een teler aangelegde verschillen waarin deze ervaringen met een bepaalde maatregel wilde opdoen.

We hebben ons gericht op de algemene bodemweerbaarheid.



## 3 Onderzoeksoptzet

### 3.1 Toetsgewassen aardbei en aardappel

In het eerste jaar zijn we gestart met het toets gewas aardbei. Aardbeiteelt is een intensieve teelt die gevoelig is voor ziekten en plagen en die een grote inzet kent van gewasbeschermingsmiddelen. Aardbei is ook een zeer gevoelig gewas dat sterk reageert op verschillen in bodemkwaliteit. In het tweede en derde jaar is daar op verzoek van de financiers het gewas aardappel, een van de dragende gewassen in de Nederlandse akkerbouw, bij gekomen.

### 3.2 Veldproeven, biotoetsen en bakkenproef

Binnen het hier beschreven project is steeds aangesloten bij bestaande proeven of praktijk-verschillen en zijn daarin waarnemingen gedaan om meer inzicht te krijgen in bodemweerbaarheid.

#### 3.2.1 2012: Aardbei

In 2012 is grond verzameld bij een vijftal aardbeitelers in Noord-Brabant en Limburg die deelnamen aan het Praktijknetwerk Vitale Bodem. Op ieder bedrijf is hiervoor door de teler, in samenspraak met tuinbouw Adviesbureau Hortinova een perceel met een “goede” en een “matige” bodemkwaliteit geselecteerd.

Daarnaast is grond verzameld in een viertal behandelingen van het Proefveld ‘Bodemgezondheid’ op PPO-proeflocatie Vredepeel (gericht op aaltjes bestrijding), en in het bedrijfssystemenonderzoek ‘Bodemkwaliteit op zand’, eveneens op PPO-proeflocatie Vredepeel. Zie Tabel 1 voor de gekozen objecten. Met deze gronden is een bakkenproef met aardbei uitgevoerd om na te gaan of de verschillende gronden verschillen in aardbeiofbrengst bij verder gelijke omstandigheden. Daarnaast is een biotoets uitgevoerd met aardbei en de ziekteverwekker *Phytophthora cactorum*, om na te gaan hoe groot de weerbaarheid van de grond tegen dit pathogeen is. De biotoets is uitgevoerd in gesteriliseerde en in niet gesteriliseerde grond van ieder bemonsterd perceel.

#### Biotoets

Een biotoets is een meetinstrument om te kijken hoe groot de weerbaarheid van de bodem tegen een bepaalde ziekte is. Hiervoor wordt grond uit de natuurlijke veldsituatie gehaald, en in een potproef getest. Onder gecontroleerde omstandigheden wordt de grond besmet met een pathogeen. Vervolgens krijgt de grond de tijd om te reageren op de ziekteverwekker. Organismen in de bodem kunnen met de pathogeen concurreren om voedingsstoffen en ruimte, of ze kunnen hem actief belagen, zoals in het geval van antagonisten. In de biotoets worden er vervolgens planten in de besmette grond gezet, en wordt de ziekteontwikkeling in de plant gevolgd. Wanneer de bodem in staat is om de ziekte goed te onderdrukken, wordt de plant niet of nauwelijks ziek. Wanneer de bodem niet in staat is om de ziekte te onderdrukken, of de ziekte zelfs stimuleert, wordt de plant snel ziek. De snelheid en sterkte waarmee de ziekte zich ontwikkelt, is een maat voor de bodemweerbaarheid. De toets wordt zowel uitgevoerd in gesteriliseerde als in niet-gesteriliseerde grond van dezelfde herkomst. In de gesteriliseerde grond wordt zichtbaar hoe de ziekteontwikkeling plaatsvindt in de betreffende bodem wanneer er geen bodemleven aanwezig is.

#### Analyses

Als achtergrondinformatie zijn de plantpathogene aaltjes in de gronden bepaald evenals de hoofd- en sporenelementen, pH, EC, lutum, kalk en organische stof gehalte. In de aardbeiplanten in de bakkenproef zijn iedere 2 weken plantsapanalyses van jonge en oude bladeren gedaan en aan het einde van de teelt is een maal een plantsapanalyse van de vruchten gedaan en een maal van het rhizoom.

De bemonsterde bedrijven en percelen, en de uitvoering van de bakkenproef en biotoets staan uitgebreid beschreven in het rapport “Werken aan bodemweerbaarheid” (Van den Broek et al, 2014).

Tabel 1 Bemonsterde objecten op proeflocatie Vredepeel.

	Object
Proefveld 'Bodemgezondheid'	Biologische grondontsmetting met Italiaans raaigras
	Niet-biologische grondontsmetting met Monam
	Combinatie van afrikaantjes, toevoegen van chitine en toedienen van compost
	Zwarte braak
Proefveld 'Bodemkwaliteit op zand'	Geïntegreerde teelt met hoge toevoer van organische stof
	Geïntegreerde teelt met lage toevoer van organische stof
	Biologische teelt met hoge toevoer van organische stof
Teler 1	Goede bodemkwaliteit
	Matige bodemkwaliteit
Teler 2	Goede bodemkwaliteit
	Matige bodemkwaliteit
Teler 3	Goede bodemkwaliteit
	Matige bodemkwaliteit
Teler 4	Goede bodemkwaliteit
	Matige bodemkwaliteit
Teler 5	Goede bodemkwaliteit
	Matige bodemkwaliteit

### 3.2.2 2013: Aardappel

In 2013 zijn in aardappelpercelen in Noord Oost Nederland bemonsteringen gedaan met betrekking tot *Rhizoctonia* aantasting van de aardappelen. Daarnaast is met grond van deze percelen een biotoets gedaan met sla en *Meloidogyne hapla*.

De bemonsteringen zijn gedaan op een drietal praktijkbedrijven die in het kader van het project 'Beter Boeren met Biodiversiteit' drie jaar lang op 1 van hun percelen hebben gewerkt aan het verhogen van de bodembiodiversiteit door het toevoegen van extra organisch materiaal, en in een vijftal objecten van een proef met verschillende bodemverbeteraars op PPO proefbedrijf Valthermond: Kunstmest, Varkensdrijfmest, Groencompost, Biochar (verkoolde organische stof), PRP-SOL (mix van micro organismen).

De wijze van bemonsteren en de uitvoering van de biotoets staan beschreven in het rapport "Werken aan bodemweerbaarheid – voortgang 2013" (Hospers-Brands et al, 2014)

### 3.2.3 2014: Aardbei en aardappel

In 2014 zijn de waarnemingen geconcentreerd op het verder ontrafelen van de relatie van ziektevering met het zwavelgehalte van de bodem die uit de resultaten van 2012 naar voren kwam.

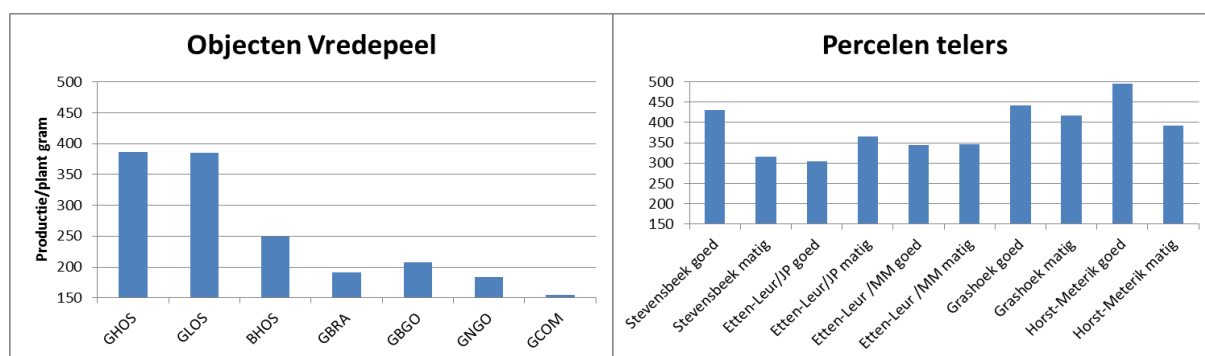
- In een proefveld, aangelegd door Wim Stegeman, akkerbouwer te Lelystad, zijn waarnemingen gedaan met betrekking tot *Rhizoctonia* aantasting van de aardappelen. Stegeman had in het najaar van 2013, voorafgaand aan de aardappelteelt in 2014, een 9-tal groenbemesters (mengsels) in vier herhalingen gezaaid. Vanwege de relatie met zwavel is voor de *Rhizoctonia* waarnemingen gekozen voor twee objecten met kruisbloemigen, die zijn vergeleken met twee objecten met vooral granen.
- Met een aantal gronden van dezelfde percelen die in 2013 waren bemonsterd zijn twee biotoetsen gedaan, een met aardbei en *Phytophthora cactorum*, en een met aardappel en *Rhizoctonia solani*. In beide biotoetsen zijn de gronden wel en niet aanvullend bemest met een zwavelmeststof en met verenmeel (verenmeel alleen in de biotoets aardappel).

## 4 Resultaten

### 4.1 Aardbei 2012

#### 4.1.1 Bakkenproef

In de bakkenproef in 2012 zijn de opbrengstverschillen van aardbei op verschillende gronden bepaald, bij verder gelijke omstandigheden.



#### Vredepeel gronden

Bij de Vredepeel-gronden geven de gronden uit “Bodemkwaliteit op zand” de hoogste opbrengsten, met name de beide geïntegreerde systemen, met opbrengsten van respectievelijk 387 gram per plant en 385 gram per plant voor GHOS (hoge organische stof aanvoer) en GLOS (lage organische stof aanvoer). De grond van het biologische systeem met hoge organische stof aanvoer (BHOS) geeft een opbrengst van 250 gram per plant. De gronden uit het proefveld Bodemgezondheid geven de laagste opbrengsten, van 150 – 207 gram per plant. Deze opbrengstverschillen kunnen verklaard worden door de mate waarin plant-pathogene nematoden aanwezig zijn. Het proefveld Bodemgezondheid is destijds geselecteerd vanwege de hoge druk van *Verticillium dahliae* en *Pratylenchus penetrans*; ook nu nog blijkt in deze gronden *P. penetrans* in relatief hoge aantallen aanwezig te zijn (156- 918 aaltjes/100 ml grond). Ook in het biologische perceel uit Bodemkwaliteit op zand is dat het geval (202 aaltjes/100ml grond), terwijl in de ander twee gronden (GHOS en GLOS) de aantallen aaltjes veel lager zijn (resp. 18 en 15 aaltjes/100 ml grond).

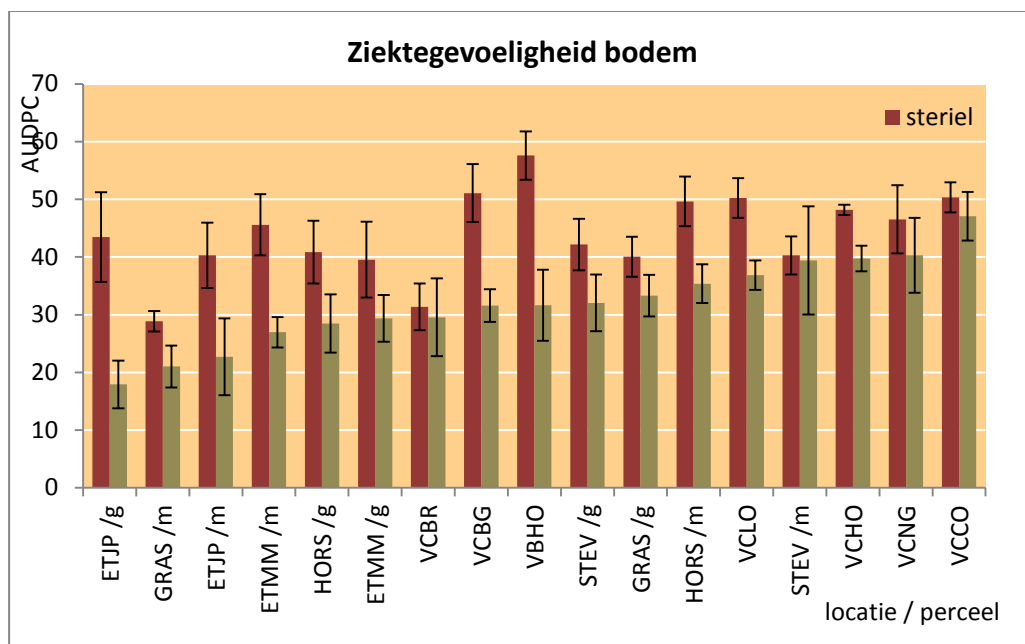
#### Praktijkpercelen

De gronden van de praktijkpercelen geven producties van 300 – 500 gram per plant. Voor één bedrijf is de productie op de grond van het matige perceel hoger dan op de grond van het goede perceel, op twee bedrijven zijn er weinig verschillen tussen de gronden van het goede en die van het matig perceel, en op twee bedrijven is de productie op de gronden van het goede perceel hoger dan op die van het matige perceel.

#### 4.1.2 Biotoets

In de biotoets is de ziekte ontwikkeling in de loop van de tijd (4 weken) gevolgd. Voor de beoordeling van de bodemweerbaarheid is niet alleen de ziekte index aan het einde van de proef, maar ook de snelheid waarmee de ziekte zich ontwikkeld heeft van belang. Als gecombineerde maat voor snelheid en sterkte van ziekteontwikkeling, wordt de oppervlakte onder de ziekte-curve gebruikt (de AUDPC: Area Under the Disease Progressive Curve). Hoe hoger de AUDPC, des te sneller en ernstiger heeft de ziekte zich ontwikkeld.

De gesteriliseerde gronden hebben een gemiddelde AUDPC van 43.9 en de niet-gesteriliseerde veldgronden een AUDPC van 32.0. Hieruit blijkt dat de biologische component van de ziektevering hoog is. In situaties dat de veldgrond een lage AUDPC heeft (hoge bodemweerbaarheid) en de gesteriliseerde grond hiervan ook een vrij lage AUDPC heeft (zoals bij GRAS/m en VCBRaak) dan is de ziektevering grotendeels fysisch/chemisch bepaald. De verschillen tussen gesteriliseerde en niet-gesteriliseerde grond zijn zeer significant ( $P < 0.001$ ). Daarnaast zijn er significante verschillen tussen de bedrijven, en is er een significante interactie tussen bedrijf en kwaliteit van het perceel. Op sommige bedrijven is de bodemweerbaarheid van het goede perceel significant beter dan op het matige perceel. Maar op een aantal bedrijven is de bodemweerbaarheid van het goede perceel juist significant slechter dan op het matige perceel.



Figuur 1. Overzicht van de AUDPC voor alle 17 proefobjecten in de biotoets naar bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum*. Op alle locaties scoort de steriele grond slechter dan de niet-steriele.

#### 4.1.3 Relaties

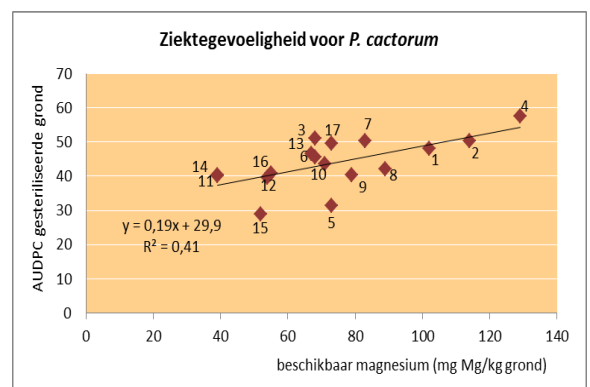
- **Organische stof:** We vinden een negatief verband tussen de hoeveelheid organische stof in de bodem en de opbrengst in de bakkenproef. Dit is tegengesteld aan de verwachting. De praktijkervaring is dat organische stof zorgt voor een betere bodemstructuur, een betere vochthuishouding, en een grotere biologische activiteit in de bodem. Dat zijn allemaal factoren die bij kunnen dragen aan een goede bodemkwaliteit met een positief effect op de opbrengst. Een goede verklaring voor dit resultaat is lastig te vinden.
- **Stikstof:** We vinden een negatief verband tussen de hoeveelheid stikstof in de bodem, en de opbrengst in de bakkenproef. Hierbij zouden verschillende mechanismen een rol kunnen spelen. Allereerst kan een overmaat aan stikstof zorgen voor een sterke vegetatieve groei van het gewas, waardoor de generatieve groei en productie in het geding komt. Daarnaast kan een (te) grote hoeveelheid stikstof het gewas ook gevoeliger maken voor ziekten, waardoor de productie lager wordt.
- **Mangaan:** Hoe hoger het mangaangehalte, hoe hoger de productie. Mangaan is naast ijzer, borium en zink één van de belangrijkste sporenelementen in de bemesting van aardbei. Mangaan is nodig voor de productie van bladgroen, waarmee de fotosynthese plaatsvindt (Lieten, 2008).



- Niet plant-pathogene nematoden: Er is een negatieve relatie tussen het aantal niet plant-pathogene nematoden en de opbrengst. Hoe hoger het aantal overige aaltjes, hoe lager de opbrengst. De hoeveelheid niet-pathogene aaltjes wordt voor een groot deel bepaald door bacterie-etende nematoden, en kan sterk fluctueren onder invloed van bemesting en grondbewerking. Net zoals voor de relatie met organische stof, is hier niet makkelijk een verklaring voor te vinden.
- Plantsapanalyses: Er zijn sterke relaties tussen verschillende hoofd- en sporenelementen in het bladsap, en de opbrengst. Ook is er een sterk verband met de hoeveelheid bladsuikers. Een hogere opbrengst is gerelateerd aan hogere gehalten aan kalium en fosfaat in het blad, lage gehalten aan natrium en calcium, en aan lage suikergehaltes en een hoge EC in het begin van de teelt.
- Bodemweerbaarheid – opbrengst: Er is geen verband gevonden tussen de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum* en de cumulatieve productie zoals die gemeten is in de bakkenproef. Een verklaring is mogelijk dat de bodemweerbaarheid is vastgesteld voor *P. cactorum* en de opbrengst in de bakkenproef vooral bepaald is door de aanwezigheid van nematoden.
- Bodemweerbaarheid – management: Het was niet goed mogelijk om management/bedrijfsvoering te koppelen aan de gemeten verschillen in bodemweerbaarheid.
- Bodemweerbaarheid – bodemfactoren: De belangrijkste bodemfactoren die een verklaring geven voor de bodemweerbaarheid van de percelen tegen *Phytophthora cactorum* zijn zwavel, kalium, calcium en magnesium. Borium komt als een relatief minder belangrijke factor naar voren voor het verklaren van de biologische component van de bodemweerbaarheid. De verschillen treden met name op bij gesteriliseerde grond. In gesteriliseerde gronden wordt een positieve relatie gevonden tussen de AUDPC en de hoeveelheid beschikbaar magnesium in de bodem. Hoe meer beschikbaar magnesium, hoe sneller en sterker de planten ziek worden. In niet-gesteriliseerde veldgrond worden geen sterke relaties gevonden tussen de bodemweerbaarheid van de betreffende grond tegen *P. cactorum*, en diverse chemische bodemparameters.  
Met name zwavel is een element dat mogelijk meer aandacht van telers verdient. Enerzijds lijkt voldoende zwavel nodig te zijn voor een goede weerbare bodem (weerbare plant), anderzijds lijkt de biologische component van de bodemweerbaarheid af te nemen bij toename van zwavel. Door deze tegengestelde effecten kan zwavel een belangrijke factor zijn in het verklaren van de bodemweerbaarheid, afhankelijk van welk effect overheerst.

#### Magnesium, Ca/Mg verhouding en weerbaarheid

Er is relatief weinig bekend over de directe relatie tussen magnesium en weerbaarheid. In de bodem heeft magnesium een duidelijke relatie met de andere belangrijke kationen: kalium, calcium en mangaan. Een overschot in de bodem aan magnesium, remt de opname van calcium, kalium en mangaan in de plant. Het is mogelijk dat een hoger gehalte aan magnesium, een signaal is dat er bijvoorbeeld minder calcium beschikbaar is voor de plant. In de modellen hebben we ook calcium en de Ca/Mg verhouding meegenomen. In veldgrond vonden we dat het percentage Mg in de grond 23.1% verklaarde variantie gaf van de AUDPC (hoe hoger het percentage, hoe lager de weerbaarheid), en de Ca/Mg verhouding een verklaring van 21.6%. Hoe hoger de Ca/Mg verhouding, hoe beter de bodemweerbaarheid.



Figuur 2. Ziektegevoeligheid voor *P. cactorum* in relatie tot de hoeveelheid beschikbaar magnesium in de grond, bij besmetting van gesteriliseerde gronden.

- Relatieve bodemweerbaarheid: In geval van relatieve bodemweerbaarheid vergelijken we de bodemweerbaarheid van veldmonsters met die van de gesteriliseerde bodem. De relatieve AUDPC is gelijk aan de AUDPC van gesteriliseerde grond minus de AUDPC van de niet-gesteriliseerde grond. Wanneer een grond na sterilisatie veel sneller ziek wordt dan in de veldsituatie, heeft de grond een hoge relatieve AUDPC. Het bodemleven heeft in deze gronden een grote bijdrage aan de ziektevering. Wanneer een grond na sterilisatie juist minder ziekte vertoont, versterkt het bodemleven in die grond juist de ziekte-gevoeligheid voor *Phytophthora*, waardoor het verschil tussen gesteriliseerd en veldgrond bij elkaar komt. Dit kan bijvoorbeeld door de aanwezigheid van andere bodempathogenen, die elkaar versterken. Deze gronden hebben een lage, of zelfs negatieve waarde voor de relatieve AUDPC.  
Bij een hoger zwavelgehalte van de bodem wordt het effect van sterilisatie op de ziekteontwikkeling kleiner. De biologie van de grond, het bodemleven, draagt dan minder bij aan de gevoeligheid voor *Phytophthora*. Bij lagere zwavelgehalten in de bodem, draagt de biologie juist méér bij aan de gevoeligheid en neemt de weerbaarheid af. De zwavelgehalten op de onderzochte percelen variëren tussen 15 en 30 kg S/ha. Volgens de bodembalans analyse van Hortinova liggen deze niveaus onder de streefwaarden (67-112 kg/ha).

#### **Zwavel en weerbaarheid**

Zwavel en zwavelverbindingen kunnen op verschillende manieren zorgen voor een grotere weerstand tegen ziekten. Ze kunnen direct toxisch werken als biocides, of indirect de plantweerstand vergroten. Verschillende vormen van zwavel hebben een werking als biocide: elementair zwavel (S), sulfides, thiosulfaten en zoutachtige xanthaten (Haneklaus et al., 2007). Omdat in vrijwel alle onderzochte praktijkpercelen zwavel een belangrijke rol lijkt te spelen in de mate van bodemweerbaarheid, is het een element waar wellicht meer aandacht aan moet worden gegeven in de bemestingsstrategie. Omdat de mechanismen waardoor zwavel resistentie van de plant bevordert wordt langs verschillende, soms ingewikkelde, routes lopen, wordt dit in een apart kader uitgewerkt. Specifiek voor *Phytophthora* in aardbei, is er onderzoek gedaan dat laat zien dat fytoalexines een rol spelen in de resistentie van de plant. Voor de productie van fytoalexines is zwavel nodig

## **4.2 Aardappel 2013**

### **4.2.1 Praktijkbedrijven**

Door extra compost of organisch materiaal in te werken zien we in de zomer bij 2 telers een afname van *Rhizoctonia* op de stolonen en op de knollen (zie tabel).

Bij de oogst zien we bij twee telers een hogere *Rhizoctonia* bezetting op de perceelgedeeltes met extra organische stof; de vitaliteit van die *Rhizoctonia* is echter beduidend lager. Op het derde bedrijf is net als in de zomer de hoeveelheid *Rhizoctonia* lager, maar is er geen verschil in vitaliteit. Er zijn weinig of geen verschillen in schurftaantasting te zien.

Op 2 van de 3 bedrijven is het onderwatergewicht hoger met extra organische stof.

Tabel 2. Bemonsteringen op praktijkbedrijven.

	<b>Teler 1</b>		<b>Teler 2</b>		<b>Teler 3</b>	
	<b>(ras: Arsenal)</b>		<b>(ras: Novano)</b>		<b>(ras: Aventra)</b>	
	Normale bemesting	Met extra compost	Geen OS (stro afvoeren, geen groenbemester, geen compost)	Maximaal OS (stro inwerken, groenbemester, compost)	Normale bemesting	Met extra compost
<b>Zomerbemonsteringen</b>						
<i>Rhizoctonia</i> op stengels (0-100)	61	42	33	33	52	57
<i>Rhizoctonia</i> op stolonen (0-5)	3	2.7	2.7	2.9	2.2	1.8
<b>Oogstbemonsteringen</b>						
% knollen besmet	8	25	18	27	19	8
<i>Rhizoctonia</i> index knollen	3	9	7	10	7	3
Vitaliteit van <i>Rhizoctonia</i>	95	76	95	76	98	100
Schurft	1	1	1,5	1,5	3,5	2
OWG	436	459	512	547	550	547

#### 4.2.2 Proef Bodemverbeteraars

De verschillende bodemverbeteraars in de proef op Valthermond zijn toegepast hebben begin juli 2013 geen aantoonbaar effect gehad op de *Rhizoctonia* aantasting op de stengels en op de stolonen. Ook het percentage afwijkende knollen is niet aantoonbaar beïnvloed. Wel waren er in een van de objecten (BioChar Norit) meer krielnesten gevonden; in datzelfde de object waren iets meer sclerotiën geparasiteerd door *Verticillium biguttatum*, zonder dat dit heeft geleid tot een lagere vitaliteit van de sclerotiën of tot minder sclerotiën. Zie tabel.

Tabel 3. *Rhizoctonia* waarnemingen in de proef met diverse organische bodemverbeteraars

Object	PRP-SOL	GFT compost	Varkensdrijfmest	BioChar Norit	Kunstmest	LSD	F-prob
Bemesting	200 kg/ha	9 ton/ha	20 ton/ha	5 ton/ha			
Aantasting stengels	30.7	28.4	25.5	29.4	30.3	5.221	n.s.
Stoloon beoordeling (0-5)	1.8	1.7	1.7	2.1	2	0.572	n.s.
Afwijkende knollen %	15.4	15.2	11	13.8	12.5	8.982	n.s.
Krielnest index	1.26 ab	1.55 ab	2.04 ab	3.98 b	0.36 a	(logtransf)	n.s.
Sclerotiën index oogst	25.8	26.1	29.1	20.1	25.6	16.6	n.s.
Vitaliteitsindex sclerotiën	83.6	91.3	87.9	85	89.8	14.33	n.s.
Vert. biguttatum %	4	0	2.67	8.02	1.33	5.62	0.076

#### 4.2.3 Biotoets met sla en *Meloidogyne hapla*

In deze biotoets is grond van de praktijklocaties en van de onderzochte objecten uit de proef Bodemverbeteraars, al dan niet gesteriliseerd, getoetst in met sla en een kunstmatige besmetting met *Meloidogyne hapla*.

Bij de praktijkpercelen zijn er geen effecten van een jaarlijkse toediening van organisch materiaal op de aantasting van sla door *M.hapla* te vinden. Ook in de proef Bodemverbeteraars zijn er geen verschillen tussen de verschillende objecten.

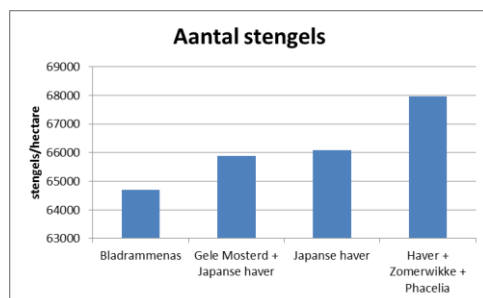
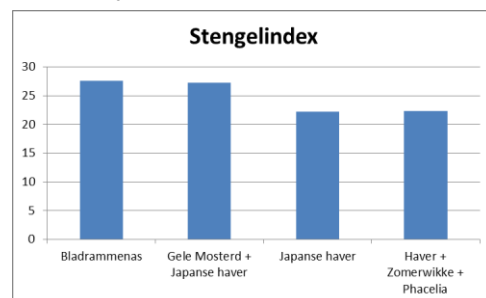
Wel leidt sterilisatie op de praktijkpercelen tot een sterkere aantasting door *M. hapla*, terwijl dat in de proef Bodemverbeteraars niet het geval is. Blijkbaar speelt er op de praktijkpercelen een biologische factor mee die aantasting door *M.hapla* beperkt, terwijl dat in de proef Bodemverbeteraars niet het geval is.

## 4.3 Aardappel en aardbei 2014

### 4.3.1 Veldproef groenbemesters

Door de teler zijn in het gewas, in tegenstelling tot andere jaren, duidelijke tekenen van

*Rhizoctonia* waargenomen: knijpende topbladeren, witte waas aan de stengelbasis, bovengrondse knolvorming. De stengelaantasting is over het geheel genomen erg licht. Dat was ook te verwachten aangezien het pootgoed ontsmet is. De beide varianten met kruisbloemigen hebben een wat hogere aantasting dan de varianten met graan (haver of Japanse haver), maar verschillen zijn niet significant (zie grafiek).



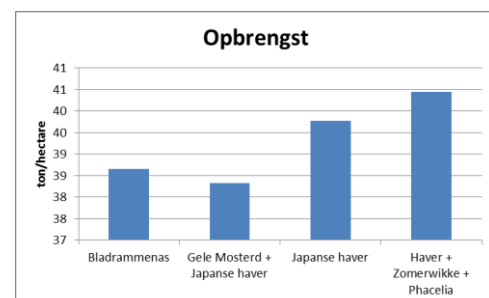
Het aantal stengels lijkt in de objecten met graan wat hoger dan in de objecten met kruisbloemigen (zie grafiek)(niet significant), wat overeen zou kunnen komen met de verschillen in stengelaantasting: een sterkere stengelaantasting geeft immers een grotere kans op weggevalen stengels.

- **Lakschurft op de oogst**

Op slechts 2 van de in totaal 1326 onderzochte knollen werd een zeer lichte lakschurftaantasting gevonden.

- **Opbrengst**

De opbrengst was gemiddeld 39 ton/ha, in de objecten met graan wat hoger dan in de objecten met kruisbloemigen. Ook deze verschillen zijn niet significant

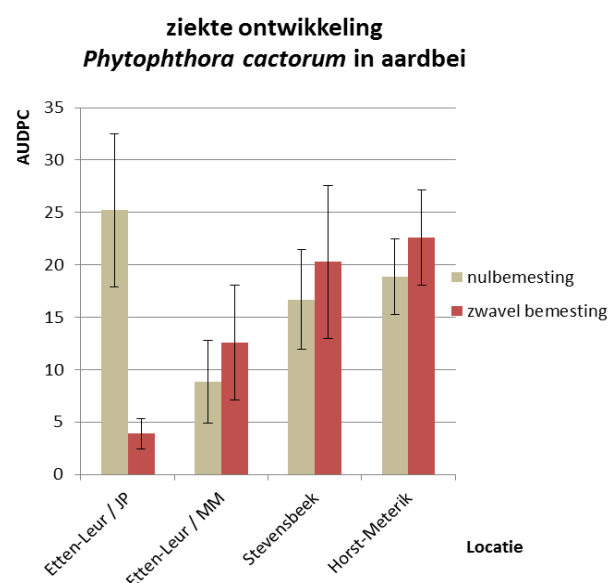


### 4.3.2 Biotoets aardbei – *Phytophthora cactorum*: effect van zwavelbemesting op bodemweerbaarheid

Naar aanleiding van de resultaten in eerdere biotoetsen, is in 2014 gekeken naar het effect van een zwavelbemesting op de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum* in aardbei. Hiervoor is grond van 4 verschillende locaties bemest met een zwavelmeststof. Omdat zwavel net als stikstof via een mineralisatie proces door het bodemleven beschikbaar komt voor de plant, is niet gekozen voor zwavel in de vorm van  $S^0$ , maar voor zwavel in de vorm van  $SO_4^{2-}$ . In tegenstelling tot  $S^0$  is  $SO_4^{2-}$  direct voor de plant beschikbaar. Omdat in een bemesting met sulfaat ook altijd een positief gekoppeld ion meegegeven wordt, maar we tegelijkertijd de voedingstoestand van de plant zo min mogelijk willen beïnvloeden, is gekozen voor  $Na_2SO_4$  in plaats van de als bemesting meer

gebruikelijke alternatieven (zouten van Mg (bitterzout) of K (patentkali)). Er is gekozen voor een bemestingsniveau van omgerekend 40 kg S/ha.

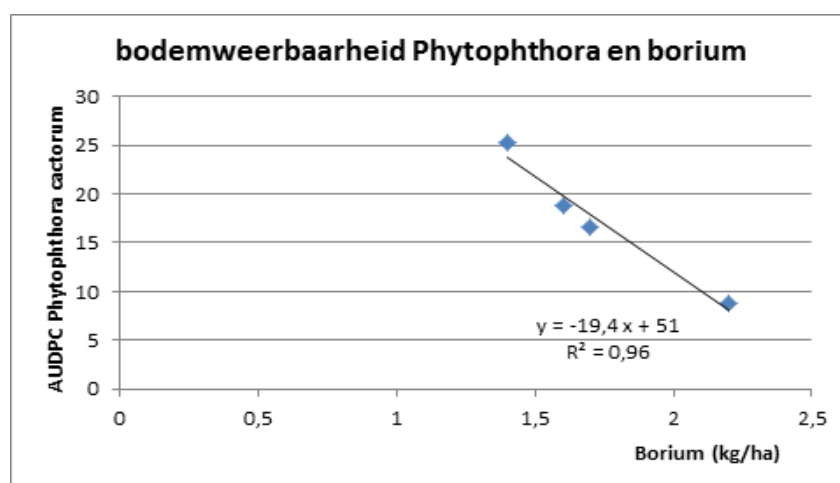
In de biotoets vinden we significante effecten op de bodemweerbaarheid van wel of niet steriliseren van de grond en van wel of niet inoculeren met *P.cactorum*. Er zijn echter geen significant effect van een zwavelbemesting op de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum*. Ook is er geen significante interactie tussen locatie en zwavelbemesting ( $F_{\text{prob}} = 0.084$ ). Alleen op locatie Etten-Leur / JP is er sprake van een duidelijke verbetering van de bodemweerbaarheid door de zwavelbemesting (zie Figuur 3).



Figuur 3. Ziekteontwikkeling op de 4 locaties met en zonder zwavelbemesting.

Hoewel dit de locatie is die ook als uitgangssituatie de minste hoeveelheid beschikbaar zwavel (volgens S-PAE / BLGG) (8 kg/ha) bevat, is er via een regressie analyse geen verband te zien tussen de totale hoeveelheid beschikbaar zwavel in de gronden, en de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora*. In 2012 werd bij hogere zwavelgehalten in de bodem het effect van sterilisatie op de bodemweerbaarheid kleiner. Dat effect werd in 2014 niet gevonden.

Wel werd de in eerder onderzoek gevonden relatie met borium weer bevestigd: Bij hogere boriumgehalten in de grond, vinden we dus weer een betere weerbaarheid tegen *Phytophthora*, zie figuur 4.



Figuur 4. Relatie tussen de hoeveelheid borium in de bodem en de bodemweerbaarheid tegen *P.cactorum*.

Uit de bodemanalyses blijkt dat er grote verschillen kunnen optreden tussen de gebruikte analysemethoden voor zwavel beschikbaarheid (S-PAE (eigen methode BLGG) en beschikbaar S (methode SoilTech). De SoilTech methode geeft 2 tot 6x zo hoge gehalten voor beschikbaar zwavel, dan de door BLGG gehanteerde bepaling. De vraag is welke methode de beste weergave geeft voor de actuele beschikbaarheid van zwavel voor de plant (Tabel 1). Hierbij zal zeker de activiteit van het bodemleven, en de invloed van het bodemleven op de mineralisatie van S uit organische stof een factor van belang zijn.

Tabel 4. Beschikbaar en totaal gehalten aan zwavel op de gronden van de verschillende locaties. (Omrekening van mg/kg naar kg/ha m.b.v. bodemdiepte 20 cm en bulkdichtheid van 1.2 kg/m<sup>3</sup>).

locatie	S-beschikbaar (kg/ha) (SoilTech)	S-beschikbaar (kg/ha) (S- PAE / BLGG)	S-totaal (kg/ha) (BLGG)
Etten-Leur / JP	42	8	448
Etten-Leur / MM	56	32	470
Stevensbeek	36	17	515
Horst-Meterik	49	24	426

#### 4.3.3 Biotests aardappel - *Rhizoctonia solani*

De biotests met *Rhizoctonia solani* AG 3 op aardappel is met grond van dezelfde 4 locaties als van de *Phytophthora cactorum* proef met aardbei uitgevoerd, aangevuld met 2 akkerbouwlocaties. De twee locaties betreffen twee objecten uit de bodemgezondheidsproef van het regionaal onderzoekscentrum te Vredepeel. Er is grond verzameld van de biologische rotatie en van de gangbare locatie. Van de biologische rotatie is gevonden dat deze grond in diverse biotests een hogere bodemweerbaarheid laat zien dan de gangbare rotatie. In de bodemgezondheidsproef worden rotaties aangehouden inclusief de teelt van aardappelen.

Net als voor de *Phytophthora* biotests is ook de grond voor *Rhizoctonia* biotests deels gesteriliseerd en deels met zwavel bemest. Daarnaast is een deel van de grond ook met verenmeel bemest. Uit onderzoek van Postma is gebleken dat met verenmeel de grond weerbaarder wordt tegen *Rhizoctonia solani* AG 2-2 in suikerbiet en AG 2-1 in koolgewassen. Er is nog niet nagegaan of de weerbaarheid tegen *Rhizoctonia solani* AG 3 in aardappel met verenmeel verhoogd kan worden. Uit de statistische analyse (Tabel 5) blijkt dat er een betrouwbaar effect is van de infectie van de grond met *Rhizoctonia* en dat de sterilisatie de aantasting sterk verhoogd. Verder blijkt dat de grond van nature hoger is besmet op de beide Vredepeel objecten dan op de aardbei locaties. Dit kan aan de regelmatige teelt van aardappelen worden toegeschreven in tegenstelling tot de locaties met aardbeien, waar aardappelen geweid worden.

Uit de diverse chemische bepalingen aan de grond blijkt de aantasting door *Rhizoctonia* afhankelijk te zijn van zwavel (zie hieronder;  $R^2$  adj ongeveer 80 %; minder aantasting in gesteriliseerde grond met veel S-totaal en S-PAE), van P2O<sub>5</sub> en Fe ( $R^2$  adj 75%; meer aantasting in gesteriliseerde grond met meer fosfaat of meer ijzer) en geen effect van B ( $R^2$  adj 57 %).

#### Zwavel

De bemesting met zwavel heeft niet geleid tot een afname van de aantasting, eerder het tegendeel. Het zwaveleffect zou afhankelijk kunnen zijn van het zwavelgehalte in de grond. Er is nagegaan of er een correlatie was met de door BLGG bepaalde S-totaal hoeveelheid van de grond, de S-PAE beschikbaarheid voor de plant of de S hoeveelheid (kg/ha) van de grond volgens SoilTech. In een regressiemodel met alle waarden voor de stengelindex (Figuur 5) blijken hoge verklaarde varianties op te treden met S-totaal ( $R^2$  adj = 81 %) en met S-PAE ( $R^2$  adj = 78 %). Uit deze figuren blijkt de afhankelijkheid van zwavel het grootst te zijn in de gesteriliseerde grond. In de niet bemeste en gesteriliseerde grond blijkt de aantasting erg groot te zijn namelijk 70 % bij 190 kg S-totaal (4 S-PAE kg/ha) en 35 % bij een S-totaal hoeveelheid van 250 kg (28 S-PAE kg/ha). Dus lage zwavelgehalten in de bodem geven meer aantasting bij afwezigheid van bodemleven. Dit houdt ook in dat de plantweerstand geringer is bij lage zwavelgehalten. Bijzonder is dat de zwavelbemesting niet tot een mindere afhankelijkheid van S-totaal of S-PAE heeft geleid en dat de

aantasting zelfs hoger is geworden. Na de verenmeel bemesting is de aantasting niet afhankelijk van de S-totaal bemesting in de gesteriliseerde gronden.

In de niet gesteriliseerde gronden is de aantasting niet sterk afhankelijk van de S-totaal hoeveelheid. De S hoeveelheden volgens SoilTech liggen op een niveau van 30-55 kg S/ha en liggen daarmee hoger dan in het onderzoek met aardbei in 2012. Het toegepaste regressiemodel gaf geen betrouwbare verklaring van S voor de aantasting door *Rhizoctonia*. S hangt ook niet sterk samen met S-totaal of S-PAE.

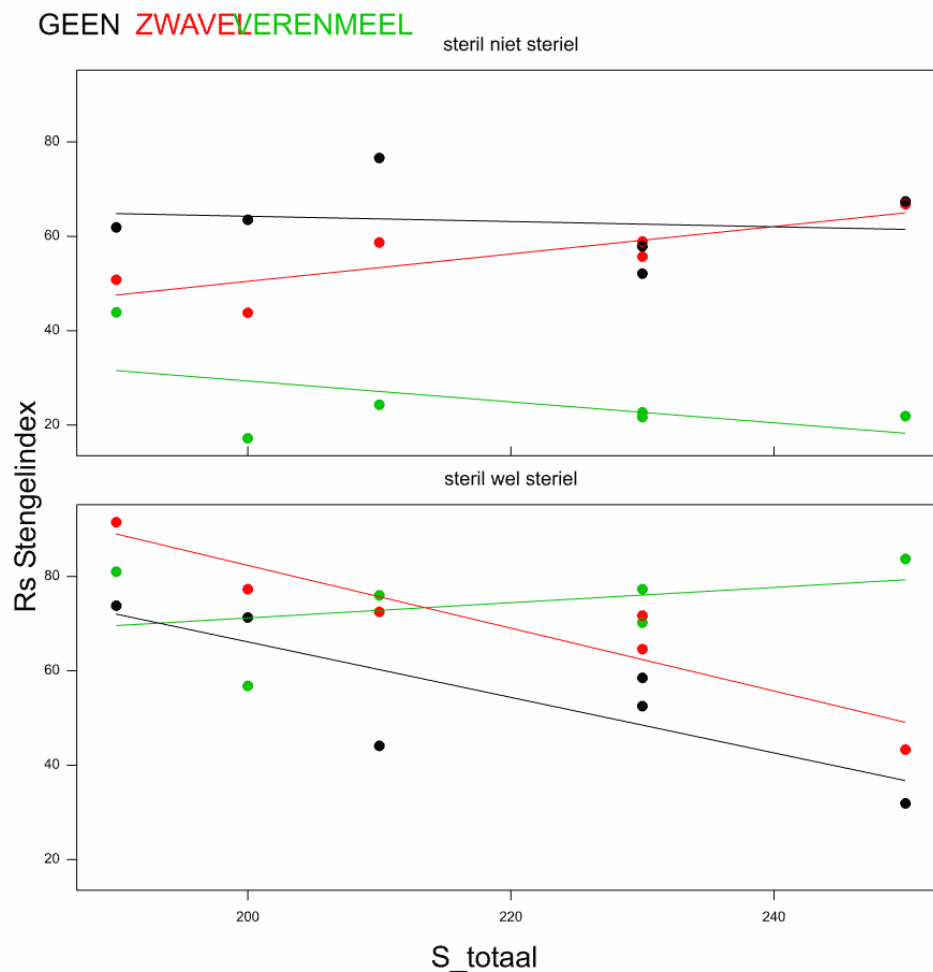
Tabel 5. *Rhizoctonia* stengelindex (0-100) van aardappelen gegroeid op 6 locaties en na wel/niet (ws/ns) steriliseren of infecteren (0/1) van de grond en na bemesting met zwavel (S) of verenmeel (Vm). G= geen behandeling. Gemiddelden zijn verkregen na een statistische analyse met ANOVA.

locatie	Rs	Sterilisatie	C-	G	S	Vm
VP-BIO	0	0	36.2			
	1	Ns		57.5	56.2	24.8
	1	Ws		53.5	76.3	76.1
VP-GB	0	0	41.8			
	1	Ns		63.2	66.2	21.4
	1	Ws		27.3	48	85.3
Etten-Leur / JP	0	0	11.4			
	1	Ns		70.5	54.9	24.4
	1	Ws		70.2	80.1	53.8
Etten-Leur/ MM	0	0	16.5			
	1	Ns		76.4	64.9	23.5
	1	Ws		46.8	72.5	75.3
Stevensbeek	0	0	23.1			
	1	Ns		47.9	60.6	24.9
	1	Ws		62.6	67.4	69.6
Horst-Meterik	0	0	18.1			
	1	Ns		62.8	53	41.6
	1	Ws		74	90.7	82

## Verenmeel

De verenmeel bemesting geeft een sterke interactie te zien met de sterilisatie van de grond (Tabel 5 en Figuur 5). In de gesteriliseerde gronden leidt de verenmeel bemesting niet tot een lagere *Rhizoctonia* aantasting. Daarentegen wordt in de niet gesteriliseerde gronden (normale veldsituatie) de aantasting sterk verlaagd van gemiddeld 63 % naar 27 %. Deze verlaging lijkt niet afhankelijk te zijn van de hoeveelheid zwavel in de grond. Wel blijkt de verlaging afhankelijk te zijn van de aanwezigheid van het oorspronkelijk bodemleven dat in de gesteriliseerde situatie afwezig is. Daarmee geeft de verenmeel bemesting een verbetering van de bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia solani* AG 3 te zien.

Figuur 5. De *R. solani* stengelindex in afhankelijkheid van de S-totaal hoeveelheid in de grond voor de niet gesteriliseerde en de wel gesteriliseerde grond van de 6 locaties na geen behandeling, een zwavelbemesting of een verenmeel bemesting.



#### 4.4 Methodiek

Kenmerkend voor dit project is, dat we intensief samen op hebben gewerkt met ondernemers. We hebben geen eigen proeven aangelegd maar aangesloten bij bestaande verschillen: goede en slechte percelen op aardbeibedrijven in 2012 en 2014, verschillen in organische stof toevoer op percelen in Drenthe in 2013, een door een ondernemer aangelegd experiment met verschillende groenbemesters in 2014. in aanvulling daarop hebben we aangesloten bij bestaande experimenten, en hierin aanvullende waarnemingen (biotoetsen) gedaan: het proefveld Bodemgezondheid en het bedrijfssysteemonderzoek op Vredepeel in 2012 en de proef met bodemverbeteraars op Valthermond in 2013.

Door deze participatieve werkwijze konden we in de breedte te screenen en was het mogelijk om zaken op het spoor te komen, zoals de rol van zwavel en borium in de bodem bij bodemweerbaarheid, de grote verschillen in bodemweerbaarheid tussen verschillende percelen met verschillend management, maar ook het feit dat er nog weinig concrete aanknopingspunten zijn om in de extensievere open teelten (akkerbouw) gericht met bodemweerbaarheid aan de slag te gaan.



## 5 Conclusies

Bij de ondernemers en bij onderzoekers is nagegaan of er teeltmaatregelen voorhanden waren die de bodemweerbaarheid voor twee gewassen en twee pathogenen konden beïnvloeden. Uit de waarnemingen in de praktijk bleek dat er geen managementfactoren onderscheiden konden worden die leidden tot een verhoogde bodemweerbaarheid. Wel bleek in biotoetsen met *Phytophthora* en *Rhizoctonia* en met grond van de ondernemers dat de zwavel hoeveelheden in met name de gesteriliseerde grond negatief gecorreleerd kunnen zijn met de plantaantasting. Dit duidt op een afgenomen plantweerstand bij lage zwavelbemestingen. Met de natuurlijke veldgrond trad deze relatie evenwel niet op. Verder kwam uit het onderzoek met de *Rhizoctonia* biotoets naar voren dat verenmeel bemesting de bodemweerbaarheid sterk verhoogt.



## 6 Aanbevelingen

We hebben in dit project een aantal relaties gevonden tussen de bodemweerbaarheid voor *Phytophthora cactorum* in aardbei of de *Rhizoctonia solani* in aardappel en diverse chemische bodemeigenschappen. Kalium, calcium, magnesium, zwavel en borium komen als mogelijke factoren naar voren die de bodemweerbaarheid beïnvloeden. Daarbij is de relatie met zwavel het sterkst. Het lijkt erop dat de effecten van de gehalten aan micronutriënten op de bodemweerbaarheid onderschat zijn.

Deze relaties zouden verder onderzocht moeten worden, inclusief de onderliggende werkingsmechanismen.

Andere mogelijkheden om het thema bodemweerbaarheid in de akkerbouw handen en voeten te geven zijn bijvoorbeeld gelegen in de ervaring dat er aardappelgronden bestaan waarop er niet of nauwelijks schade optreedt door *Rhizoctonia*. Gekoppeld aan de ervaring van verschillende pootgoedtelers dat eigen pootgoed minder door *Rhizoctonia* wordt aangetast dan pootgoed afkomstig van een ander bedrijf ligt de hypothese voor de hand dat hierbij de opbouw van een populatie antagonisten (natuurlijke vijanden) in de bodem en op het pootgoed die aangepast zijn aan de specifieke *Rhizoctonia* stammen op dit bedrijf, in combinatie met management factoren (vruchtwisseling, bemesting, bodembeheer) hierbij een rol spelen. Ook deze hypothese zou getoetst kunnen worden, gericht op het ontwikkelen van bedrijfseigen sturingsmogelijkheden voor de weerbaarheid van bodem en aardappel tegen *Rhizoctonia*.



## Literatuur

Broek, R. van den (PPO), W. van den Berg (PPO), J. Lamers (PPO), W.J.M. Cuijpers (LBI), A.J.T.M. Hospers-Brands (LBI) en S. Smits (Hortinova), 2014; "Werken aan bodemweerbaarheid". Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, PPO nr. 3250237312

Hospers-Brands, M., W. Cuijpers, J. Lamers, R. v.d. Broek, 2014; "Werken aan bodemweerbaarheid – voortgang 2013". Louis Bolk Instituut (Driebergen) en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Lelystad), intern rapport.

Hospers-Brands, M., W. Cuijpers, J. Lamers, R. v.d. Broek, 2014; "Werken aan bodemweerbaarheid – voortgang 2014". Louis Bolk Instituut (Driebergen) en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Lelystad), intern rapport.